

28 冷凍機と冷媒

冷凍機やヒートポンプに用いられる作業物質(作業流体)を特に冷媒という。冷媒はサイクルの間に蒸発と凝縮を繰り返し、低温から高温へ熱を運ぶ。当初は、亜硫酸ガス(SO₂)、塩化メチル(CH₃Cl)、アンモニア(NH₃)などが使われたが、1930年代にフロン類(CFC等)が開発されると、前2者は姿を消し、その後、アンモニアを用いる一部の大型冷凍機を除いて、もっぱらフロン系冷媒が用いられた。

1970年頃から、オゾン層破壊にフロンが関係していることが指摘され始め、1987年のモントリオール議定書により、フロン類の規制が行われている。また、1997年の京都議定書では地球温暖化ガスのひとつとしてフロン類(HFC)も削減対象となっており、さまざまな冷媒の開発が試行されている。

冷媒の条件

- (1) 与えられる冷凍温度や周囲温度に対して、蒸発圧力および凝縮圧力が適当であること。
蒸発圧力は大気圧よりやや高め(空気混入を防ぎたいため)。凝縮圧力は高すぎない。
- (2) 臨界温度が高い(逆カルノーサイクルに近づく)。
- (3) 蒸発潜熱が大きい(冷凍効果が大きい。循環量が少なくて済む)。
- (4) 凝固点が低い。
- (5) 化学的性質が良い(毒性、引火性、金属との反応性、潤滑油への溶解性)。
- (6) オゾン層破壊係数(R-11を1としたときのオゾン層への影響を表す係数)が低い。
Hを含むこと(1996年規制)。Clを含まないこと(2020年規制)。
- (7) 地球温暖化係数(CO₂を1としたときの温暖化への影響を表す係数)が低い。
高分子になるほど不可。自然冷媒への回帰。

冷媒の種類と呼称(ISO 817) 化学命名法(IUPAC命名法)とは別のもの。

- (1) フロン系冷媒(Cl,F 化炭化水素の総称)

R- に続く3桁の数値(先頭の0は省略)と付加記号で表示する。

- (a) 0~300台は、100の位:(Cの数)-1、10の位:(Hの数)+1、1の位:(Fの数)
付加記号:異性体記号を小文字で記載、またはBの後に臭素の数を記載

CFC: (全て1996年規制対象) R-11(CCl₃F, 24), R-12(CCl₂F₂, -29.8), R-113(CCl₂F · CClF₂),
R-114(CClF₂ · CClF₂), R-115(CClF₂ · CF₃)

HCFC: (全て2020年規制対象) R-21(CHCl₂F), R-22(CHClF₂, -40.7), R-123(CHCl₂ · CF₃),
R-124(CHClF · CF₃)

HFC: R-41(CH₃F), R-32(CH₂F₂), R-134a(CH₂F · CF₃), R-125(CHF₂ · CF₃), R-143a(CF₃ · CH₃)

- (b) 400台は非共沸混合物(通常の混合物): 等圧蒸発・凝縮時に温度と成分が変化する。

2桁の認定番号と付加記号(組成比に応じたA,B,C,...)

R-404A(R-125/143a/134a=44/52/04), R-407A ~ E(R-32/125/134a), R-410A ~ B(R-32/125)

- (c) 500 台は共沸混合物：単一成分冷媒と同じように蒸発・凝縮する。
 2 桁の認定番号と付加記号 (組成比に応じた A,B,C,...)
 R-502(R-22/115=48.8/51.2) , R-507A(R-125/143a=50/50)
- (d) 600 台はその他の単一成分有機化合物 (非フロン)
 分子量の概略値を下 2 桁で示す (例外あり)。
 R-616 (メタン) , R-630 (エタン) , 644 (プロパン) , ...
 例外：R-600 (ブタン) , R-601 (イソブタン)
- (e) 700 台はその他の単一成分無機化合物・単体 (非フロン)
 分子量の概略値を下 2 桁で示す。
 R-702 (水素) , R-704 (ヘリウム) , R-717 (アンモニア) , R-718 (水) , R-744 (二酸化炭素)
- (2) 無機物 — アンモニア (NH₃, -33.34) , 炭酸ガス (CO₂, -78.5) , 亜硫酸ガス (SO₂, -10) , 水 (H₂O, 100)
- (3) パラフィン系炭化水素 (アルカン類)
 メタン (CH₄, -161) , エタン (C₂H₆, -89) , プロパン (C₃H₈, -42) , ブタン (C₄H₁₀, -0.5) , ペンタン (C₅H₁₂, 36) , ...
- (4) オレフィン系炭化水素 (アルケン類)
 エチレン (C₂H₄, -104) , プロピレン (プロペン C₃H₆, -47.6) , 1-ブチレン (ブテン C₄H₈, -6.3) , 1-ペンテン (C₅H₁₀, 30.1) , ...

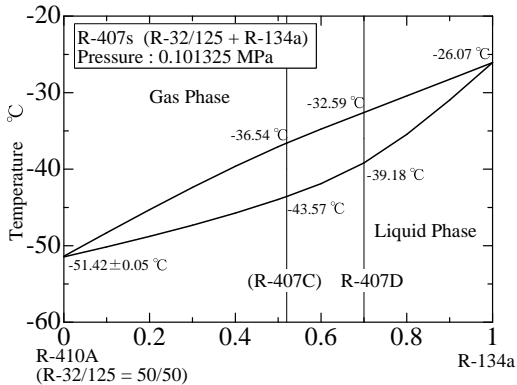


図 1: 非共沸混合冷媒 (R-407C, R-407D)

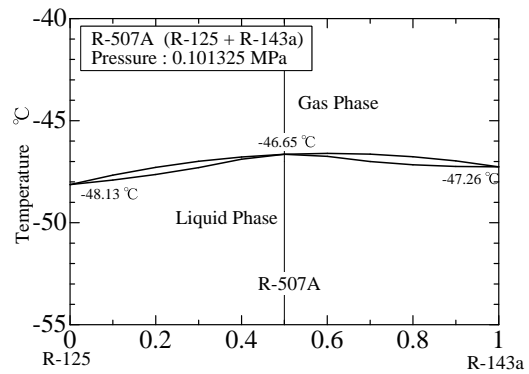


図 2: 共沸混合冷媒 (R-507A)

今後の冷媒

現在の代替フロン

- (1) R-12 ⇒ R-134a (転換済)
- (2) R-22 ⇒ R-407C(R-32/125/134a), R-410A(R-32/125)
 R-502(R-22/115) ⇒ R-404A(R-125/143a/134a), R-507(R-125/143a)

将来候補：R-32, R-1234yf(CF₂ = CF - CH₂F ; ハイドロフルオロオレフィン)

自然冷媒：二酸化炭素 (CO₂)、アンモニア (NH₃)、プロパン (C₃H₈)

表 1: 大気圧での飽和温度

冷媒	沸点	備考
R-134a	-26.07	
R-407C	-43.57 ~ -36.59	R-32/125/134a = 23/25/52
R-404A	-46.13 ~ -45.40	R-125/143a/134a = 44/52/04
R-507A	-46.65	R-125/143a = 50/50
R-143a	-47.26	
R-125	-48.13	
R-410A	-51.46 ~ -51.37	R-32/125 = 50/50
R-32	-51.65)	

フロン規制： モントリオール議定書

- (1) 1987年採択，1989年発効，毎年締約国会議が開催され，規制が強化されている。
- (2) 特定フロン(CFC)、ハロン、四塩化炭素などは、先進国では1996年(開発途上国は2015年)までに全廃。R-11, R-12, R-113,
- (3) その他の代替フロン(HCFC)も先進国は2020年(開発途上国は原則的に2030年)までに全廃する。R-22、R-502(R-22/115)

地球温暖化ガス規制： 京都議定書 正式名称：「気候変動に関する国際連合枠組み条約の京都議定書」

- (1) 1997年12月に採択、日本は2002年に批准、最後にロシアが批准したことにより2005年2月に発効。
- (2) 温室効果ガスの二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、亜酸化窒素(N₂O)、ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)、パーフルオロカーボン類(PFCs)、六フッ化硫黄(SF₆)を対象とする。
- (3) 先進国における削減率(全体で最低5%)を1990年を基準として先進各国別に削減値を定め、約束期間内(2008~2012年)に目標値を達成することが定められた。
- (4) -8% : EU 15 カ国他 11 カ国、-7% : アメリカ合衆国(のち離脱)、-6% : カナダ(のち離脱)、ハンガリー、日本、ポーランド
- (5) 2012年ドーハ(カタール)で、2013~2020年を第二約束期間を設定し、1990年水準の最低18%削減との改正案が採択された。日本は第二約束期間の数値目標がない。
- (6) 第二約束期間の改正案は、受諾国数が足りずにまだ発効していない。